



EPC - DG 1

28.12.2004

(78)

03.11.2004
411504
①

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 14 JAN 2005
WIPO PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 08 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE'.

Martine PLANCHE

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

SIEGE
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE
 26 bis, rue de Saint-Petersbourg
 75800 PARIS cedex 08
 Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
 Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint-Pétersbourg
75600 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354-01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 21/899

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE	3 OCT 2003	
LIEU	75 INPI PARIS	
N° D'INREGISTREMENT	0311589	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE	03 OCT. 2003	
PAR L'INPI		
Vos références pour ce dossier (facultatif) 104986/RV/OFF/TPM		

50 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADDRESSÉE
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Département PI
Sophie KORAKIS-MENAGER
5, rue Noël Pons
92734 Nanterre Cedex

Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie
21 NATURE DE LA DEMANDE	Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet	<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité	<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i>	N°	Date
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>	N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>	N°	Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)
SUPPRESSION DE MODE(S) DE PROPAGATION DE SIGNAUX INDESIRABLES EN AVAL D'UN CONVERTISSEUR DE MODE

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
Nom ou dénomination sociale ALCATEL		
Prénoms		
Forme juridique Société Anonyme		
N° SIREN <input type="text"/> 5 · 4 · 2 · 0 · 1 · 9 · 0 · 9 · 6		
Code APE-NAF <input type="text"/> . . .		
Adresse	Rue	54, rue La Boétie
	Code postal et ville	75008 PARIS
Pays FRANCE		
Nationalité Française		
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

<small>REMISS DES PIÈCES</small> <small>Réervé à l'INPI</small>	
<small>DATE</small> 3 OCT 2003 <small>LIEU</small> 75 INPI PARIS <small>N° D'ENREGISTREMENT</small> 0311589 <small>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</small>	
<small>DD 540 W / 26039</small>	
Vos références pour ce dossier : (facultatif) 104986/RV/OFF/TPM	
6 MANDATAIRE	
Nom KORAKIS-MENAGER Prénom Sophie Cabinet ou Société Compagnie Financière Alcatel	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel PG 9222	
Adresse	Rue 5, rue Noël Pons Code postal et ville 92734 NANTERRE Cedex
<small>N° de téléphone (facultatif)</small> <small>N° de télécopie (facultatif)</small> <small>Adresse électronique (facultatif)</small>	
7 INVENTEUR (S)	
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Etablissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
10 SIGNATURE DU MANDATAIRE SOPHIE KORAKIS-MENAGER / LC 40 B	
<small>(Nom et qualité du signataire)</small>	
<small>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</small> M. ROCHE	

SUPPRESSION DE MODE(S) DE PROPAGATION DE SIGNAUX INDÉSIRABLES EN AVAL D'UN CONVERTISSEUR DE MODE

5 L'invention concerne le domaine de la transmission optique, et plus particulièrement la conversion de mode de propagation dans des systèmes de transmission optique.

Certaines structures guide d'onde, comme par exemple les fibres optiques, permettent la transmission de signaux optiques placés dans un mode de propagation dit « fondamental » ou dans un mode de propagation dit « d'ordre élevé » ou supérieur qui peut notamment permettre d'améliorer les performances globales de la transmission optique. Il est en effet possible d'agencer spécifiquement une structure guide d'onde afin de lui conférer des propriétés, comme par exemple une forte dispersion négative et une surface efficace élevée, qui permettent notamment son intégration dans un module de compensation de dispersion chromatique (ou DCM pour « Chromatic Dispersion Compensating Module» comportant ainsi une fibre DCF pour « Chromatic Dispersion Compensating Fibre »). C'est notamment le cas des fibres optiques multimode ou faiblement multimode, également appelées fibres à modes d'ordres élevés (ou HOM pour « High Order Mode »), dont la fabrication est aujourd'hui bien maîtrisée.

Pour alimenter ce type de structure en signaux placés dans un mode élevé, on utilise généralement des convertisseurs de modes longitudinaux. Or, du fait des techniques de conversion utilisées, ces convertisseurs ne sont pas capables de convertir 100 % de la puissance d'un mode d'ordre inférieur en un mode d'ordre élevé (ou supérieur) choisi. Parmi ces différentes techniques, on peut notamment citer les réseaux à longues périodes (ou LPGs pour « Long Period Gratings », décrits notamment dans l'article de S. Ramachandran et al, Electronics Letters, Vol 37, N°22, Oct 2001), et les fibres éfilées comportant un creux central interne (ou « tapered hollow fibres », décrites notamment dans l'article du Kist institute, « Tapered hollow Fibre for mode conversion », CLEO'01 paper CtAA2).

Du fait de ce problème de conversion de puissance, des modes

d'ordres inférieurs coexistent avec des modes d'ordres élevés au sein des fibres optiques HOM dans des proportions de puissance plus ou moins importantes selon la qualité de la conversion de modes et les perturbations appliquées le long de la fibre. Ces différents modes peuvent alors interférer 5 selon un mécanisme appelé « interférence multi-trajets » (ou MPI pour « Multi-Path Interference »), provoquant ainsi une réduction significative de la qualité de détection de ces signaux transmis qui limite drastiquement les applications potentielles de ces fibres optiques.

Afin qu'une telle réduction ne soit pas nuisible à la transmission, le 10 rapport entre l'énergie transmise via les modes d'ordres inférieurs indésirables et l'énergie transmise via le mode d'ordre élevé (ou supérieur), pour une longueur d'onde donnée, doit être inférieur à environ -40 dB.

Pour réduire le rapport précité on peut par exemple altérer localement 15 le cœur de la fibre par une irradiation laser qui a pour effet d'introduire une atténuation du mode LP01. Mais, cela induit également une atténuation de l'énergie du mode d'ordre élevé (LP02) qui est indésirable. On peut également, comme proposé dans le document brevet US 6,327,403, placer un anneau 20 d'absorption dans une partie de la fibre HOM afin de moins atténuer le mode d'ordre élevé (LP02) que les autres modes qui s'y propagent. Plus précisément, l'anneau d'absorption est placé à l'endroit où la répartition spatiale d'énergie du mode LP02 est nulle ou minimale.

Cette solution est efficace, mais pour quelle n'introduise pas de perte 25 additionnelle dans le mode d'ordre élevé (LP02), le rayon de l'anneau d'absorption doit être aussi petit que possible. Par exemple, pour un rayon d'anneau de 0,5 µm, une perte additionnelle de 0,11 dB/km est introduite sur le mode d'ordre élevé (LP02). En outre, ce type de fibre est particulièrement difficile à réaliser étant donné que la position exacte de l'anneau d'absorption dépend de son véritable profil d'indice. Par conséquent, une optimisation du positionnement de l'anneau d'absorption doit être effectuée pour chaque type 30 de fibre HOM.

L'invention a donc pour but d'améliorer la situation.

Elle propose à cet effet un dispositif optique de transformation de mode de propagation de signaux optiques, comprenant au moins un premier

convertisseur de mode associé à une fibre multimode ou faiblement multimode (ou fibre HOM), ce premier convertisseur étant alimenté en signaux se propageant sur un premier mode guidé (par exemple le mode fondamental (LP01)) et délivrant les signaux dans la fibre multimode en partie sur le premier mode guidé et en partie sur un second mode guidé d'ordre plus élevé que le premier (par exemple le mode LP02).

Ce dispositif de transformation se caractérise par le fait que sa fibre multimode comprend au moins des premiers moyens de filtrage passif chargés de convertir le premier mode guidé en au moins un mode de gaine dissipatif.

10 Le mode de gaine ne se propageant pas et le filtrage (ou conversion) n'altérant pas les propriétés du second mode guidé, il y a diminution du rapport entre les énergies du mode d'ordre inférieur et du mode d'ordre supérieur.

La conversion de mode s'effectue ici par couplage de puissance entre le premier mode guidé et un ou plusieurs modes de gaine.

15 Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, les premiers moyens de filtrage sont réalisés dans la fibre multimode sous la forme d'un premier réseau à longues périodes (ou LPG pour « Long Period Grating »). La période du réseau LPG est alors choisie en fonction du (ou des) mode(s) de gaine choisi(s) pour le filtrage.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, la fibre multimode peut comprendre d'autres moyens de filtrage passif chargés de convertir un ou plusieurs autres modes guidés, d'ordre plus élevé que le premier, en au moins un ou plusieurs autres modes de gaine dissipatifs de manière à interdire la transmission des signaux se propageant sur ces autres modes guidés tout en autorisant une transmission des signaux se propageant sur le second mode guidé de la fibre multimode.

Dans ce cas, les autres moyens de conversion peuvent être également réalisés dans la fibre multimode sous la forme d'un ou plusieurs autres réseaux à longues périodes. Une cascade de réseaux LPG peut être 30 ainsi réalisée au sein de la fibre multimode afin de supprimer plusieurs modes indésirables.

Le dispositif selon l'invention peut comporter d'autres caractéristiques qui pourront être prises séparément ou en combinaison, et notamment :

- sa fibre multimode peut comprendre une gaine présentant un rayon externe dont la valeur au niveau des (premiers et/ou autres) moyens de filtrage est inférieure à la valeur de part et d'autre de ceux-ci,
- au moins un (premier et/ou autre) réseau à longues périodes peut présenter une variation de la période afin d'assurer un filtrage large bande,
- au moins un (premier et/ou autre) réseau à longues périodes peut présenter un profil de modulation d'indice sur une longueur choisie afin d'offrir un filtrage spectral de forme sensiblement rectangulaire,
- il peut comprendre, en aval des (premiers et/ou autres) moyens de filtrage, un second convertisseur de mode chargé de (re)convertir les signaux se propageant sur le second mode en signaux se propageant sur le premier mode.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 illustre de façon schématique un exemple de réalisation d'un dispositif de transformation de mode selon l'invention,
- la figure 2 est un diagramme illustrant de façon schématique l'indice de réfraction (IR), d'un exemple de fibre optique de type HOM, en fonction de son rayon (Ra),
- la figure 3 illustre de façon schématique un premier exemple de réalisation d'un moyen de filtrage de mode d'un dispositif de transformation de mode selon l'invention,
- la figure 4 est un diagramme illustrant de façon schématique l'évolution du pas périodique (en μm) d'un réseau à longues périodes (LPG) en fonction de l'ordre dit orbital m du mode de gaine, dans le cas d'un couplage de type LP01-LP0m à une longueur d'onde de 1550 nm, et
- la figure 5 illustre de façon schématique un second exemple de réalisation d'un moyen de filtrage de mode d'un dispositif de transformation de mode selon l'invention.

Les dessins annexés pourront non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

L'invention a pour objet la suppression de mode(s) guidés indésirables en aval d'un convertisseur de mode.

Elle propose à cet effet un dispositif optique de transformation de mode de propagation de signaux optiques qui peut être, par exemple, implanté dans (ou constituer) un module de compensation de dispersion chromatique 5 implanté dans une ligne de transmission à fibre optique.

La ligne de transmission illustrée sur la figure 1 comprend une fibre optique amont 1 raccordée à une fibre optique aval 2 par l'intermédiaire d'un dispositif de transmission selon l'invention D.

10 La fibre optique amont 1, tout comme la fibre optique aval 2, est par exemple une fibre optique monomode (ou SMF) dans laquelle se propagent des signaux placés dans un premier mode guidé, comme par exemple le mode fondamental LP01.

Le dispositif de transformation D, illustré, comprend un premier 15 convertisseur de mode 3 couplé à une fibre multimode ou faiblement multimode (ou encore fibre HOM) 4 munie d'un filtre de mode(s) passif 5 et couplée à un second convertisseur de mode 6 couplé à la fibre optique aval 2.

Un exemple de profil d'indice de réfraction IR pour une fibre HOM 4, utilisée habituellement dans un module DCF, est donné à titre purement 20 illustratif sur la figure 2.

Le premier convertisseur de mode 3 est un convertisseur ne permettant pas de convertir 100% du premier mode dans le second mode. Mais, tout type de convertisseur de mode est concerné par l'invention. Il est chargé de convertir les signaux placés dans le mode guidé d'ordre inférieur (ici 25 LP01), délivrés par la fibre optique amont 1, en signaux se propageant selon un second mode guidé LP0m (par exemple m=2) d'ordre plus élevé que le mode LP01.

Le second convertisseur de mode 6 est chargé de convertir les signaux placés dans le second mode guidé, par exemple LP02, délivrés par la 30 fibre HOM 4, en signaux se propageant selon le mode LP01, afin d'alimenter la fibre optique aval 2. Il s'agit également d'un convertisseur ne permettant pas de convertir 100% du second mode dans le premier mode.

En présence de deux convertisseurs de mode 3 et 6, le filtre de

mode(s) 5 est préférentiellement placé à proximité du second convertisseur 6, et bien entendu en amont de celui-ci. Cela permet d'éviter par exemple que des recouplages parasites de modes ne surviennent au sein de la fibre HOM 4 d'une manière trop importante entre la sortie du filtre de mode 5 et l'entrée du 5 convertisseur de mode 6 et/ou de procéder à un premier filtrage préalable des modes guidés avant la prochaine reconversion au niveau du convertisseur de mode 6 de manière à minimiser une possible conséquence sur la conversion par ce convertisseur 6 de la trop forte importance du mode LP01 par exemple en aval du convertisseur 6. Par exemple, on peut placer le filtre de mode(s) 5 à 10 une distance du second convertisseur 6 comprise entre environ quelques dizaines de centimètres et environ quelques centimètres.

Il est important de noter que le dispositif selon l'invention D peut ne comporter qu'un unique convertisseur de mode 3 suivi d'un filtre de mode(s) passif 5.

15 La fibre HOM 4 est adaptée à la propagation du mode d'ordre élevé (ici LP02). Mais, la conversion du mode LP01 de la fibre 1 vers le mode LP02 de la fibre HOM 4, effectuée par le premier convertisseur 3, n'étant pas efficace à 100 % une partie des signaux reste placée dans le mode LP01 et poursuit son trajet dans la fibre HOM 4. En raison de la coexistence des 20 modes LP01 et LP02 dans la fibre HOM 4, un phénomène d'interférence dit « multi-trajets » (ou MPI pour « Multi-Path Interference ») se produit, comme indiqué dans la partie d'introduction. Ce phénomène étant nuisible à la qualité de la transmission, le filtre de mode(s) 5 a pour fonction d'empêcher le plus possible qu'il ne se produise.

25 Selon l'invention, le filtre de mode(s) passif 5 est chargé de convertir au moins le premier mode guidé (ici LP01) en au moins un mode de gaine dissipatif. Cette conversion de mode s'effectue par couplage entre le mode guidé LP01 et un ou plusieurs modes de gaine.

Grâce à ce filtrage par conversion de mode, les signaux de mode 30 LP01 ne peuvent plus se propager dans le cœur de la fibre HOM 4, contrairement aux signaux convertis dans le mode d'ordre élevé (ici LP02). Leur puissance est en effet dissipée dans la gaine 7 de la fibre HOM 4.

Le filtre de mode(s) 5 est préférentiellement réalisé dans la fibre HOM

4 sous la forme d'un ou plusieurs réseaux à longues périodes (ou LPG pour « Long Period Grating »).

Le réseau à longues périodes (LPG) peut être réalisé par une modification périodique de l'indice de réfraction du cœur de la fibre HOM 4, 5 provoquée par une irradiation UV.

Dans l'exemple de réalisation illustré sur la figure 2, le filtre 5 ne comprend qu'un unique réseau LPG R destiné à supprimer un unique mode (ici LP01) en le dissipant par couplage dans la gaine 7 de la fibre HOM 4. Mais, comme on le verra plus loin, en référence à la figure 5, le filtre 5 peut 10 comprendre une cascade d'au moins deux réseaux LPG de périodes différentes et destinés chacun à supprimer un mode indésirable.

Un réseau LPG R permet de coupler, selon une direction co-propagative, la lumière (signaux optiques) qui se propage dans la fibre HOM 4 15 selon un mode guidé (ici LP01) avec un mode de gaine conformément à la condition d'accord de phase suivante :

$$\lambda_m = (n_{\text{eff}}^{\text{mode guidé}} - n_{\text{eff}}^{\text{mode de gaine (m)}}) * \Lambda$$

où λ_m est la longueur d'onde pour laquelle s'effectue le couplage entre le mode guidé dans le cœur 8 de la fibre HOM 4 et le mode de gaine m au sein de la gaine 7 de ladite fibre HOM, $n_{\text{eff}}^{\text{mode guidé}}$ est l'indice effectif du mode guidé, 20 $n_{\text{eff}}^{\text{mode de gaine (m)}}$ est l'indice effectif du mode de gaine m, et Λ est la période (ou pas) P du réseau LPG R.

Il résulte de cette condition que pour une période P donnée du réseau LPG R chaque couplage d'un mode guidé avec un mode de gaine m survient à une certaine longueur d'onde. L'efficacité de chaque couplage dépend alors 25 directement de l'intégrale de recouvrement en amplitude des modes considérés avec la zone qui est photoinscrite dans une section transverse de la fibre.

Par exemple, si l'on attache le mode LP02 à une longueur d'onde λ égale à 1550 nm, on doit vérifier les trois conditions données ci-dessous si l'on souhaite, d'une part, que le mode LP01 soit couplé avec un mode de gaine m à la longueur d'onde λ , et d'autre part, que le mode LP02 ne soit couplé ni 30 avec un mode de gaine m', ni avec le mode de gaine suivant m'+1 dans une

bande spectrale suffisamment large située autour de 1550 nm (par exemple entre 1500 et 1600 nm (contenant les bandes normalisées dites C et L)) :

$$\lambda_{LP01 \rightarrow LP0m} = (n_{eff}^{LP01} - n_{eff}^{LP0m}) * \Lambda = 1550 \text{ nm}$$

$$\lambda_{LP02 \rightarrow LP0m'} = (n_{eff}^{LP02} - n_{eff}^{LP0m'}) * \Lambda > 1600 \text{ nm}$$

5 $\lambda_{LP02 \rightarrow LP0m'+1} = (n_{eff}^{LP02} - n_{eff}^{LP0m'+1}) * \Lambda < 1500 \text{ nm}$

En effet, lorsque l'on utilise une fibre HOM non modifiée (hormis la présence du filtre de mode 5), les longueurs d'onde de couplage du mode LP02 avec des modes de gaine LP0m' et LP0m'+1 peuvent être très proches de la longueur d'onde de fonctionnement, ce qui peut rendre difficile, voire impossible, l'élaboration de la forme spectrale de filtrage.

Cela peut se vérifier à l'aide du diagramme de la figure 4 qui décrit l'évolution de la période P (en μm) d'un réseau LPG R en fonction de l'ordre m du mode de gaine, dans le cas d'un couplage de type LP01-LP0m à une longueur d'onde de 1550 nm. En effet, on peut observer que pour l'ordre m=20 le pas P du réseau LPG doit être égal à 37 μm . Or, ce pas P correspond à des longueurs d'onde de couplage du mode LP02 avec les modes LP027 et LP028 respectivement égales à 1480 nm et 1595 nm (voisinage de la bande C).

Un filtrage large bande est alors nécessaire. Celui-ci peut être obtenu à l'aide d'une variation (ou « chirp ») de la période P du réseau LPG R. En complément ou en variante, on peut réaliser un profil de la modulation d'indice sur une longueur choisie (ou « apodization ») du réseau LPG R afin d'obtenir un filtrage spectral de forme sensiblement rectangulaire.

Mais, afin de mieux séparer spectralement les couplages entre mode guidé et modes de gaine on peut procéder différemment, comme on va le voir maintenant.

Comme le sait l'homme de l'art, dans une fibre optique le mode guidé et sa constante de propagation (on emploie aussi une autre grandeur équivalente dite indice effectif) sont parfaitement déterminés par la structure « opto-géométrique » du cœur 8 et les conditions de limite du champ électrique associé à l'interface entre le cœur 8 et la gaine 7. En revanche, les indices effectifs des modes de gaine sont en première approximation définis par la structure de la gaine 7, la valeur de l'indice de la gaine 7 et les

conditions de limite à l'interface entre la gaine 7 et le milieu extérieur.

Par conséquent, en raison des conditions d'interface, à une largeur finie de la gaine 7 correspond un nombre discret de valeurs propres d'indices effectifs. Ainsi, pour une fibre cylindrique de section circulaire les modes de gaines correspondent aux modes d'une cavité Fabry-Perot de type circulaire défini par la gaine. En première approximation, les indices effectifs $n_{\text{eff}}^{n,m}$ des différents modes de gaine LP n,m (avec n et m entiers, m différent de zéro) sont donnés par les racines de l'équation suivante :

$$J_n(W_{n,m} * \frac{r}{rcl})_{r=rcl} = J_n(W_{n,m}) = J_n\left(\frac{2\pi}{\lambda} rcl \sqrt{(ncl^2 - n_{\text{eff}}^{n,m})}\right) = 0$$

où J_n est la fonction de Bessel d'ordre n, ncl est l'indice de la gaine 7, rcl est le rayon externe de la gaine 7 et λ est la longueur d'onde.

Il résulte de cette équation que pour une famille de modes donnée (n fixé) les valeurs discrètes des indices effectifs dépendent directement de la valeur du rayon externe de la gaine 7...

Par conséquent, en réduisant le rayon externe de la gaine, par exemple par ablation, l'indice effectif associé à chaque mode de gaine décroît de façon inversement proportionnelle au rayon externe et de façon proportionnelle à l'ordre m du mode de gaine concerné. La différence d'indices effectifs associés à des modes de gaine consécutifs augmente donc de façon inversement proportionnelle au rayon externe et de façon proportionnelle à l'ordre m des modes de gaine.

Cette variation du rayon de la gaine 7 est illustrée schématiquement sur la figure 3.

Comme évoqué précédemment, et comme illustré sur la figure 5, le filtre 5 peut comprendre une cascade d'au moins deux réseaux LPG afin de convertir le mode d'ordre inférieur (ici LP01) et au moins un autre mode d'ordre plus élevé, comme par exemple LP21.

Dans l'exemple illustré, le premier réseau LPG R1 présente un premier pas périodique P1 adapté au couplage du mode LP01 avec un premier mode de gaine en vue de sa dissipation dans la gaine 7, tandis que le second réseau LPG R2 présente un second pas périodique P2 différent de P1 et adapté au couplage du mode LP21 avec un second mode de gaine en vue

de sa dissipation dans la gaine 7. Dans cet exemple, chaque portion de gaine 7 du filtre 5, associée à un réseau LPG R1 ou R2, présente un rayon externe réduit, ces rayons externes étant différents. Mais, bien entendu cela n'est pas obligatoire.

5 Plusieurs réseaux LPG peuvent être mis en cascade les uns à la suite des autres, comme indiqué ci-avant. Mais, on peut également réaliser un unique réseau LPG présentant une variation longitudinale de période (ou pas) de manière à réaliser une fonction « composite » de filtrage.

10 Parmi les fonctions de transformation que peut mettre en œuvre un dispositif selon l'invention D, on peut notamment citer, en plus du filtrage de mode(s), le changement de mode en ligne. Plusieurs dispositifs D peuvent en effet être placés en série dans une ligne de transmission afin de permettre la propagation alternée d'un canal choisi par les modes d'ordre inférieur (LP01, par exemple) et d'ordre élevé (LP02, par exemple).

15 L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation de dispositif de transformation décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

REVENDICATIONS

1. Dispositif optique (D) de transformation de mode de propagation de signaux optiques, comprenant au moins un premier convertisseur de mode (3) associé à une fibre multimode (4), ledit premier convertisseur (3) étant alimenté en signaux se propageant selon un premier mode guidé et délivrant lesdits signaux dans ladite fibre multimode (4) en partie sur ledit premier mode guidé et en partie sur un second mode guidé d'ordre plus élevé que le premier, caractérisé en ce que ladite fibre multimode (4) comprend au moins des premiers moyens de filtrage passif (R, R1) agencés pour convertir ledit premier mode guidé en au moins un mode de gaine dissipatif de manière à interdire ou limiter la propagation des signaux sur ce premier mode guidé tout en autorisant la propagation des signaux sur ledit second mode guidé dans ladite fibre multimode (4).
15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits premiers moyens de filtrage (R, R1) sont réalisés dans ladite fibre multimode (4) sous la forme d'un premier réseau à longues périodes, ladite période (P, P1) étant choisie en fonction dudit mode de gaine dissipatif.
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ladite fibre multimode (4) comprend au moins des seconds moyens de filtrage passif (R2) agencés pour convertir un troisième mode guidé, d'ordre plus élevé que le premier, en au moins un mode de gaine dissipatif de manière à interdire ou limiter la propagation des signaux sur ce troisième mode guidé tout en autorisant la propagation des signaux sur ledit second mode guidé dans ladite fibre multimode (4).
20 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits seconds moyens de conversion (R2) sont réalisés dans ladite fibre multimode (4) sous la forme d'un second réseau à longues périodes, ladite période (P2) étant choisie en fonction dudit mode de gaine dissipatif.
5. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ladite fibre multimode (4) comprend une gaine (7) présentant un rayon externe dont la valeur au niveau desdits premiers (R, R1) et/ou seconds (R2) moyens de filtrage est inférieure à la valeur de part et d'autre de ces premiers et/ou
30 seconds.

seconds moyens de filtrage.

6. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que ledit premier (R, R1) et/ou ledit second (R2) réseau(x) à longues périodes présente(nt) une variation de la période de manière à assurer un filtrage large
5 bande.

7. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que ledit premier (R1) et/ou ledit second (R2) réseau(x) à longues périodes présente(nt) un profil de modulation d'indice sur une longueur choisie de manière à offrir un filtrage spectral de forme sensiblement rectangulaire.

10 8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend, en aval desdits premiers (R, R1) et/ou seconds (R2) moyens de filtrage, un second convertisseur de mode (6) agencé pour convertir en ledit premier mode le second mode des signaux se propageant dans ladite fibre multimode (4) qui l'alimente.

15 9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits premiers (R, R1) et/ou seconds (R2) moyens de filtrage sont placés à proximité dudit second convertisseur de mode (6).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits premiers (R, R1) et/ou seconds (R2) moyens de filtrage sont placés en amont dudit second convertisseur de mode (6) à une distance comprise entre quelques dizaines de centimètres et quelques centimètres.
20

1er dépôt

1/2

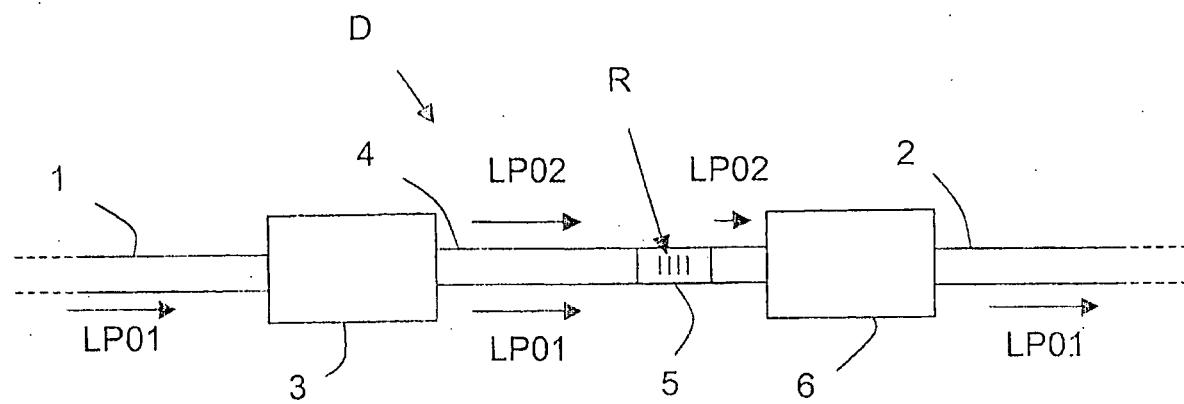


FIG.1

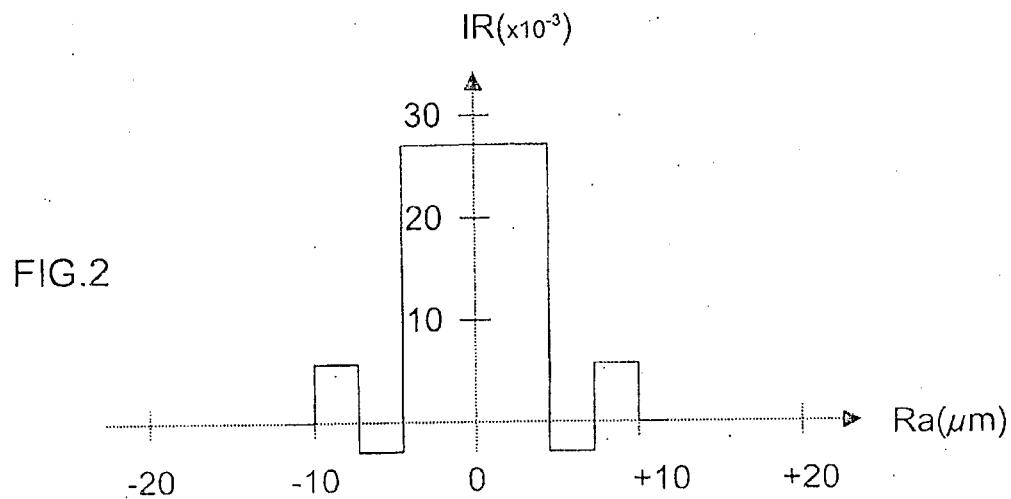


FIG.2

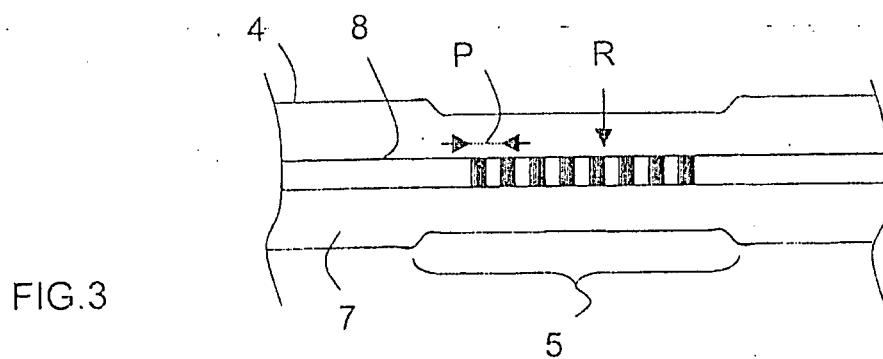


FIG.3

1er dépôt

2/2

pas (μm)

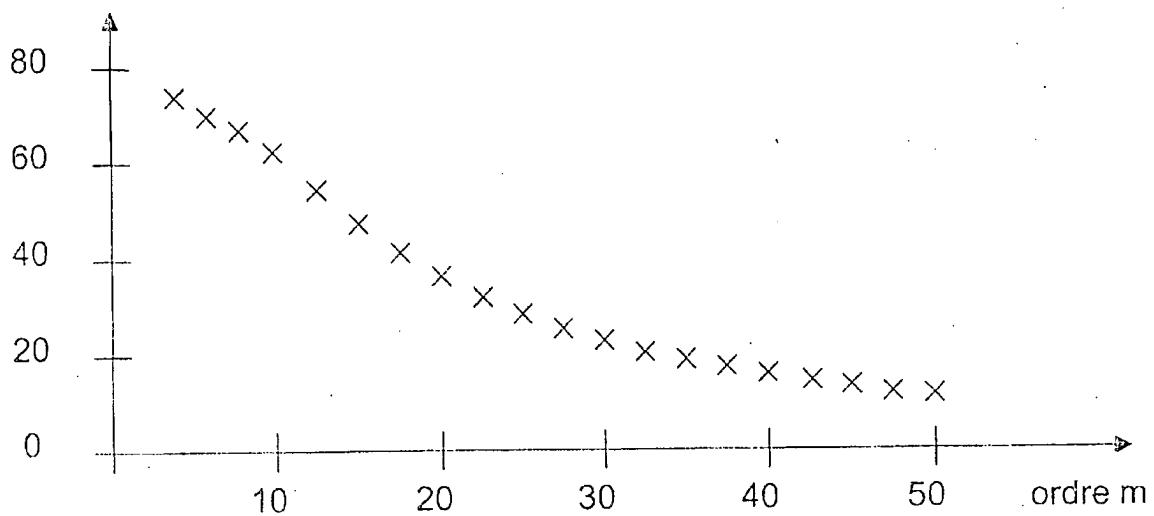


FIG.4

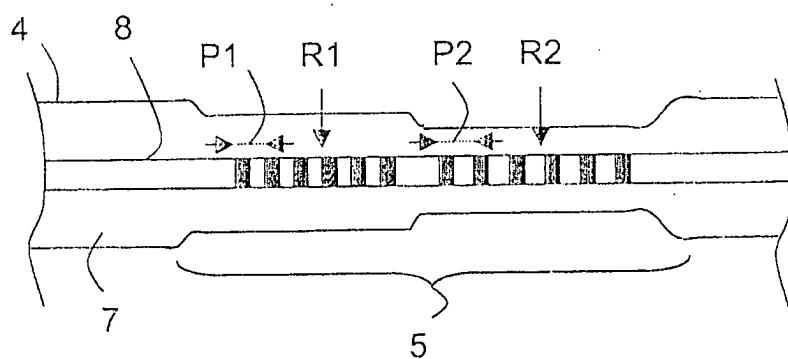


FIG.5



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75300 Paris Cedex 03
Téléphone : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DR 11235*02

Vos références pour ce dossier (facultatif)	104986/RV/OFF/TPM
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0311789

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

SUPPRESSION DE MODE(S) DE PROPAGATION DE SIGNAUX INDESIRABLES EN AVAL D'UN CONVERTISSEUR DE MODE

LE(S) DEMANDEUR(S) :

Société anonyme **ALCATEL**

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		DE BARROS	
Prénoms		Carlos	
Adresse		Rue	
		85, AVENUE EDOUARD VAILLANT	
Code postal et ville		92100	BOULOGNE-BILLANCOURT, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		PROVOST	
Prénoms		Lionel	
Adresse		Rue	
		54, CHEMIN DU MOULIN	
Code postal et ville		91460	MARCOUSSIS, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BONNET	
Prénoms		Xavier	
Adresse		Rue	
		30, RUE HENRI JANIN	
Code postal et ville		78470	ST REMY LES CHEVREUSE, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S)		3 octobre 2003	
SOPHIE KORAKIS-MENAGER		Sophie KORAKIS-MENAGER	
XXX XXX XXX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2/2

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 V / 2000

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>	104986/RV/OFF/TPM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0311189	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
SUPPRESSION DE MODE(S) DE PROPAGATION DE SIGNAUX INDESIRABLES EN aval d'un convertisseur de mode		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Société anonyme ALCATEL		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» Si il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		RIANT
Prénoms		Isabelle
Adresse	Rue	21, RUE ETIENNE BAUER
	Code postal et ville	91400 ORSAY, FRANCE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
DATE ET SIGNATURE(S)		3 octobre 2003
DU DEMANDEUR DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Sophie KORAKIS-MENAGER